МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева

Кафедра систем автоматического управления

Утверждено на заседании кафедры
«Системы автоматического управления»
«13» января 2021 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

_____О.В.Горячев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсовой работы
по дисциплине (модулю)

«Теория автоматического управления»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы специалитета

по специальности
24.05.06 Системы управления летательными аппаратами

со специализацией
Системы управления беспилотными летательными аппаратами

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 240506-01-21

Тула 2021 год

Разработчик(и) методических указаний

Морозова Е.В., доцент, к.т.н., доцент
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1 Цели и задачи курсовой работы (КР) 4
2. Содержание КР 4
3. Трудоемкость КР 4
4. Оценочные средства для аттестации по ККР 5
5. Требования к оформлению КР 23
6. Порядок проведения дифференцированного зачета по КР 23
7. Библиографический список.....24

1 Цели и задачи курсовой работы (КР)

Целью КР является углубление знаний в области теории автоматического управления для получения фундаментального образования по системам управления летательными аппаратами.

Задачей КР является овладение специальными методами анализа и синтеза линейных систем автоматического управления, на которых базируется современная наука об управлении летательными аппаратами.

2. Содержание КР

Каждый студент получает самостоятельную тему курсовой работы. Тематика охватывает системы стабилизации и следящие системы при типовых воздействиях.

Студенту выдается задание в виде упрощенной принципиальной схемы системы, на которой элементы изображены условно. На отдельных листах даны численные значения физических параметров этих элементов и указаны виды воздействия.

Задание на курсовую работу «Анализ и синтез линейной системы автоматического управления» для каждого варианта включает в себя выполнение следующих заданий:

1. Описание работы исходной САУ.
2. Построение математической модели САУ.
3. Построение функциональной и структурной схем.
4. Построение логарифмических частотных характеристик разомкнутого и замкнутого контуров.
5. Анализ устойчивости САУ:
   a. анализ устойчивости с помощью алгебраических критериев устойчивости (критерий Гурвица, Вышнеградского);
   b. анализ устойчивости с помощью частотных критериев устойчивости (критерии Михайлова, Найквиста, определение устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам разомкнутой системы);
   c. определение запасов устойчивости;
   d. Д-разбиение на области устойчивости (по одному и по двум параметрам).
6. Оценка качества регулирования:
   a. определение точности при наличии задающего воздействия (постоянного задающего воздействия $f(t) = A$, линейно нарастающего задающего воздействия $f(t) = at$, задающего воздействия с постоянным ускорением $f(t) = at^2$, гармонического задающего воздействия $f(t) = A\sin\omega t$);
   b. определение точности при наличии возмущающего воздействия;
   c. корневые методы оценки динамических свойств;
   d. оценка по кривой переходного процесса.
7. Синтез корректирующих устройств САУ методом желаемой ЛАЧХ:
   a. анализ требований, предъявляемых к динамике системы, и формирование желаемой ЛАФЧХ;
   b. синтез корректирующего устройства, обеспечивающего требуемые показатели качества системы.
8. Анализ динамики скорректированной системы. Проверка выполнения предъявляемых технических требований.

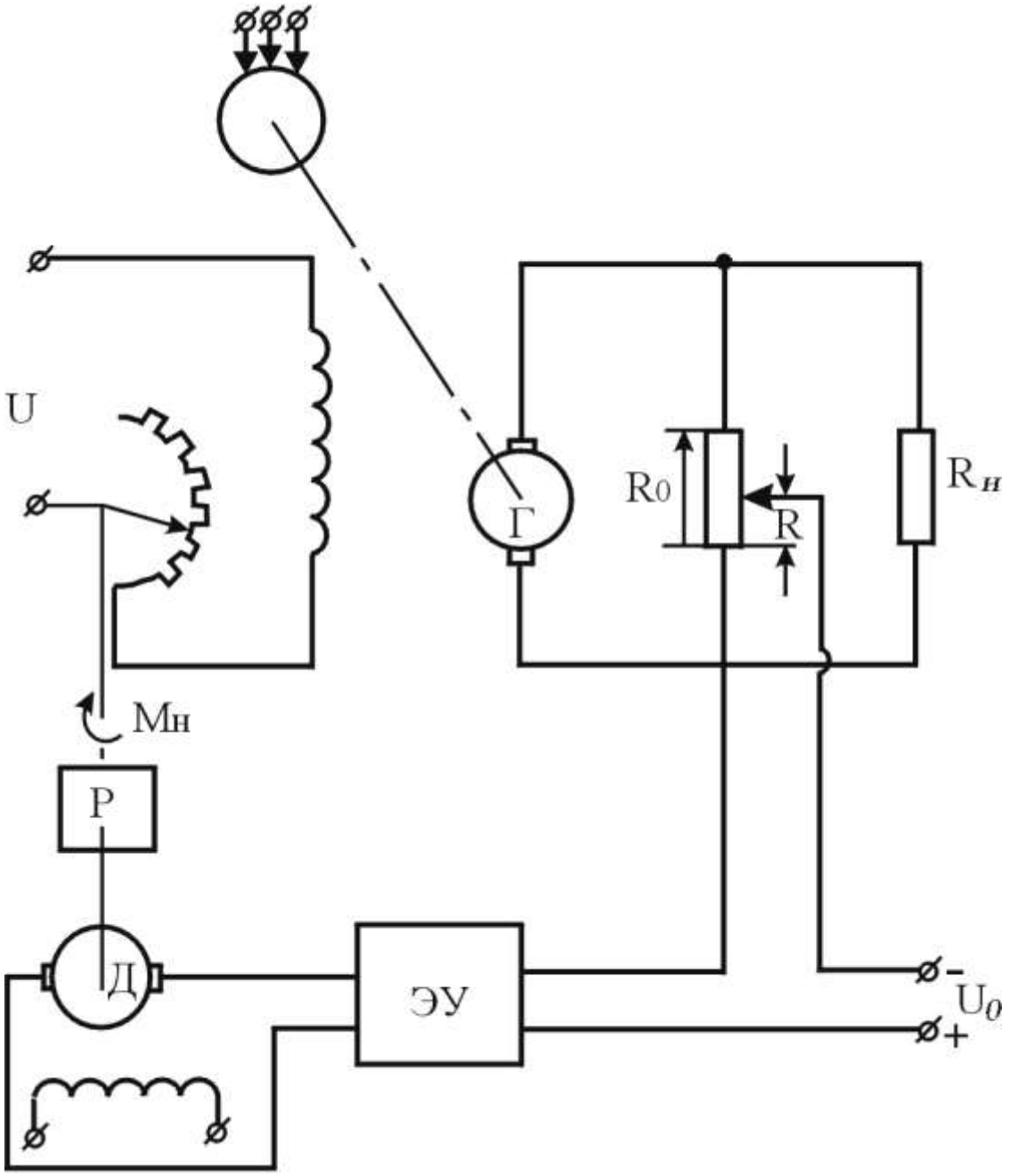
3. Трудоемкость КР

Трудоемкость КР составляет 20 часов самостоятельной работы студента.

4. Оценочные средства для аттестации по ККР

<u>ЗАДАНИЕ 1.</u>

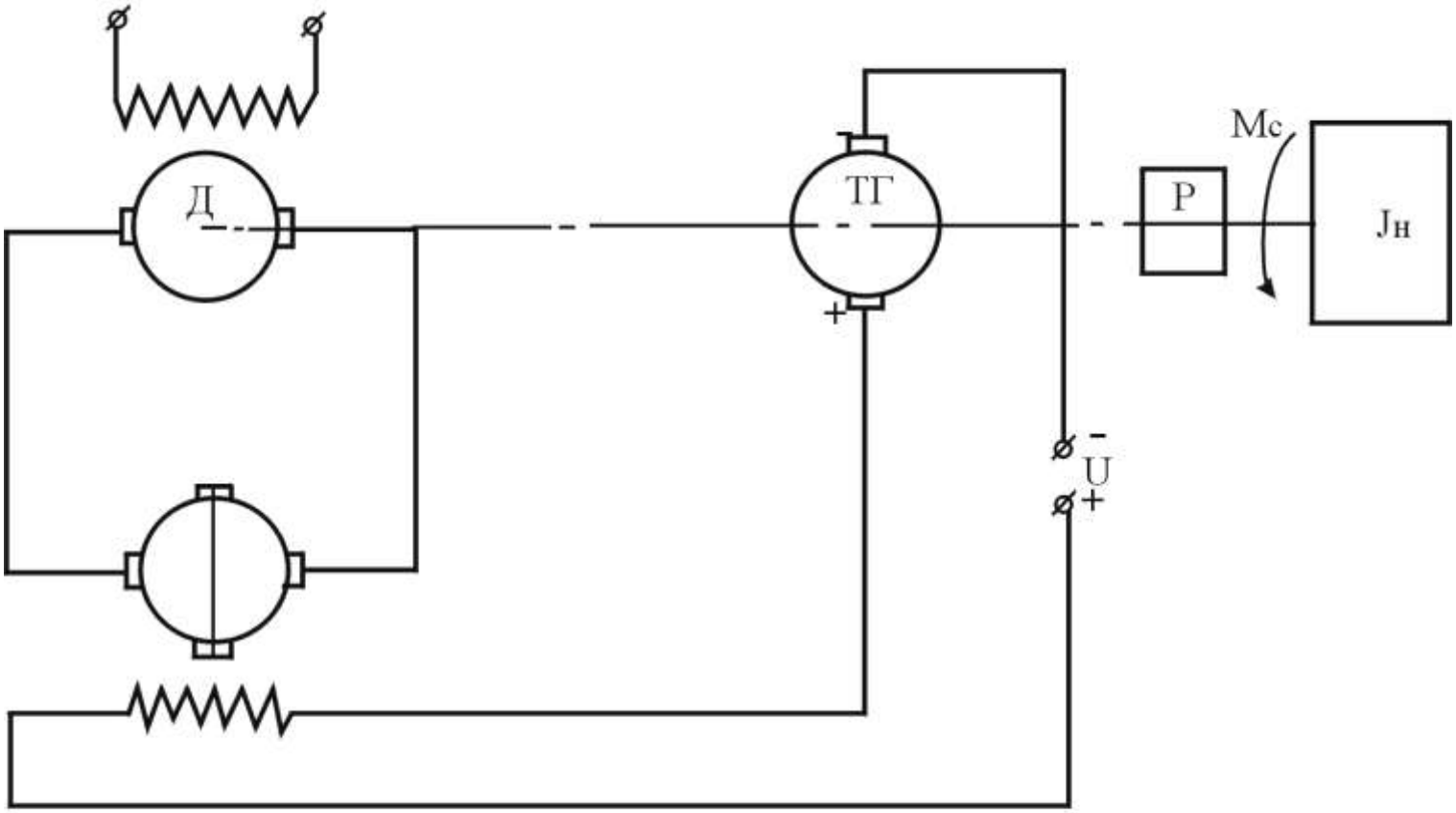
Система автоматического регулирования напряжения генератора постоянного тока



№ п/п	Наименование величины	**Вариант**					
		1	2	3	4	5	6
1. Данные для анализа							
1.	Напряжение “U”, В	36	36	36	36	36	36
2.	Напряжение “U_0”, В	24	24	24	24	24	24
3.	Внутреннее сопротивление генератора, Ом	8	10	12	14	15	16
4.	Сопротивление нагрузки “R_H”, Ом	40	35	45	50	55	60
5.	Сопротивление обмотки возбуждения генератора, Ом	8	7	5	4	10	12
6.	Индуктивность обмотки возбуждения генератора, Гн	22	20	18	18.5	20	22
7.	Коэффициент передачи генератора, В/А	150	155	160	165	170	180
8.	Сопротивление “R_0”, Ом	900	900	1000	1100	1200	1500
9.	Сопротивление “R”, Ом	360	300	250	275	400	500
10.	Коэффициент усиления электронного усилителя	2.5	2.8	3.0	2.2	2.4	3.2
11.	Коэффициент передачи двигателя “Д” по напряжению, В·с/рад	0.25	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34
12.	**Коэффициент передачи двигателя “Д” по моменту, Н·м/А**	0.25	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34
13.	Момент инерции якоря двигателя “Д”, кг·м^2	$8\cdot10^{-4}$	$9\cdot10^{-4}$	$9.2\cdot10^{-4}$	$9.4\cdot10^{-4}$	$9.8\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-5}$
14.	Сопротивление обмотки якоря двигателя “Д”, Ом	7.4	7.8	8.0	4.5	9.2	9.6
15.	Передаточное число редуктора “Р”	18	20	22	24	26	28
16.	Момент нагрузки “M_H”, Н·м	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
17.	Коэффициент передачи реостата, Ом/рад	200	180	120	150	140	160
2. Данные для синтеза							
1.	Время регулирования, с	1.0	1.6	1.2	1.5	1.8	2.5
2.	Перерегулирование, %	20	15	20	25	25	35
3.	Максимальное значение второй производной для напряжения генератора, В/с^2	9000	8000	12000	10000	7000	6000
4.	Порядок астатизма	1	1	1	1	1	1
5.	Установившееся напряжение генератора, В	60	60	60	60	60	60
6.	Установившееся значение ошибки от момента нагрузки, %	1.0	1.5	1.2	2.0	2.5	2.2

ЗАДАНИЕ 2.

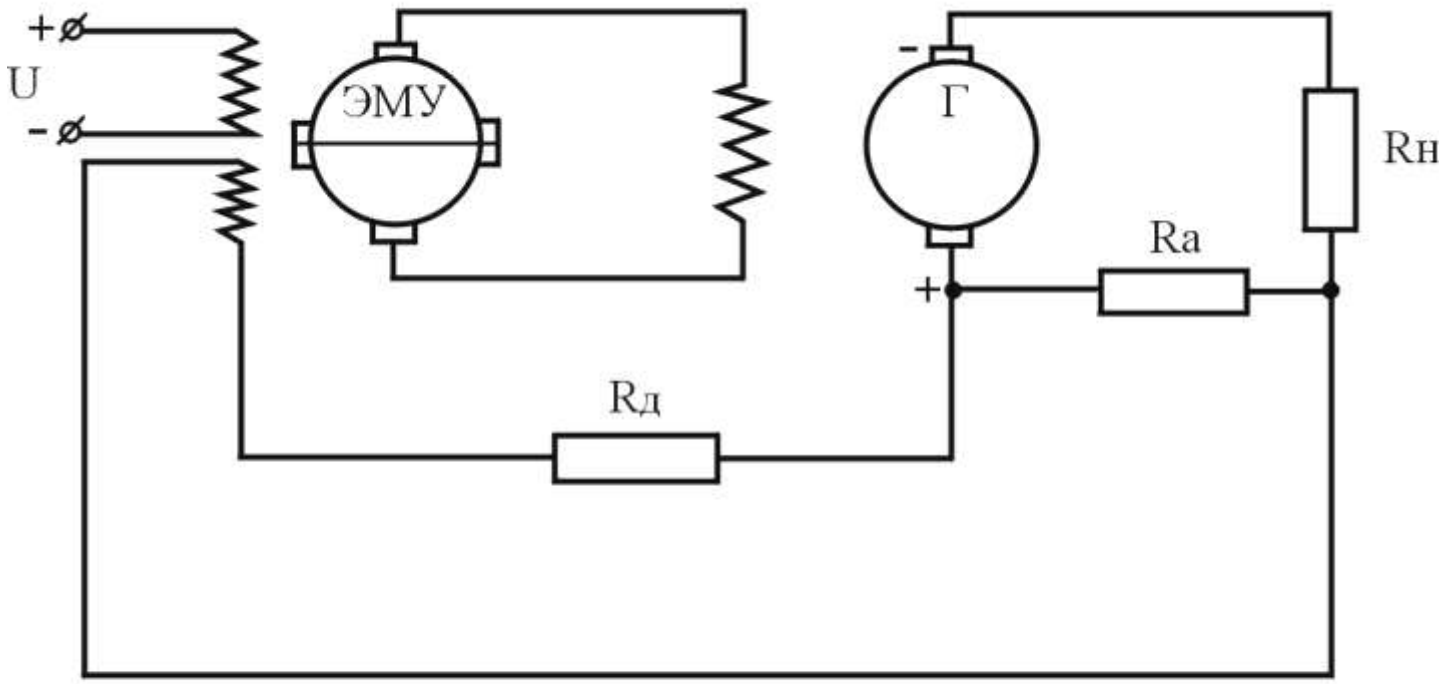
Система автоматического регулирования скорости двигателя постоянного тока



№ п/п	Наименование величины	**Вариант**					
		1	2	3	4	5	6
1. Данные для анализа							
1.	Электромеханическая постоянная двигателя $T_М$, с	0.28	0.25	0.24	0.27	0.22	0.20
2.	Коэффициент передачи двигателя $К_Д$=I/$C_е$, рад·с	4.28	4.73	5.43	4.32	5.75	5.25
3.	Коэффициент передачи тахогенератора $К_Т$, В/рад/с	0.25	0.20	0.15	0.12	0.18	0.16
4.	Коэффициент усиления ЭМУ по напряжению $К_Э$	2.5	2.2	1.9	2.1	1.85	1.50
5.	Постоянная времени ЭМУ $T_Э$, с	0.16	0.11	0.08	0.15	0.18	0.14
6.	Коэффициент передачи двигателя по моменту, Н·м/А	0.24	0.22	0.19	0.23	0.18	0.20
7.	Напряжение “U”, В	100	80	65	60	50	90
8.	Передаточное число редуктора	130	100	110	90	80	70
9.	Момент сопротивления $М_С$, приведенный к выходному валу редуктора, Н·м	9	12	8	11	7,5	15
10.	Момент инерции нагрузки, приведенный к выходному валу редуктора, кг·$м^2$	18	20	22	15	12	16
11.	Сопротивление обмотки якоря двигателя, Ом	28	21	19	20	22	23
12.	Постоянная времени тахогенератора, с	0.01	0.015	0.012	0.013	0.014	
13.	Сопротивление обмотки якоря тахогенератора, Ом	8.0	8.5	9.0	10.0	11.0	12.0
2. Данные для синтеза							
1.	Угловая скорость на выходе редуктора, рад/с	6.0	4.2	39.0	48.0	52.0	30.0
2.	Максимальное значение второй производной от скорости на выходе редуктора, рад/с	26400	14000	26200	9800	10800	14000
3.	Время регулирования при включении, с	0.7	0.45	1.0	0.25	1.5	1.4
4.	Перерегулирование, %	15	18	20	25	25	25
5.	Порядок астатизма по отношению к нагрузке	0	0	0	0	0	0
6.	Значение установившейся ошибки от момента, %	1.0	2.0	2.5	1.5	3.0	2.6

ЗАДАНИЕ 3.

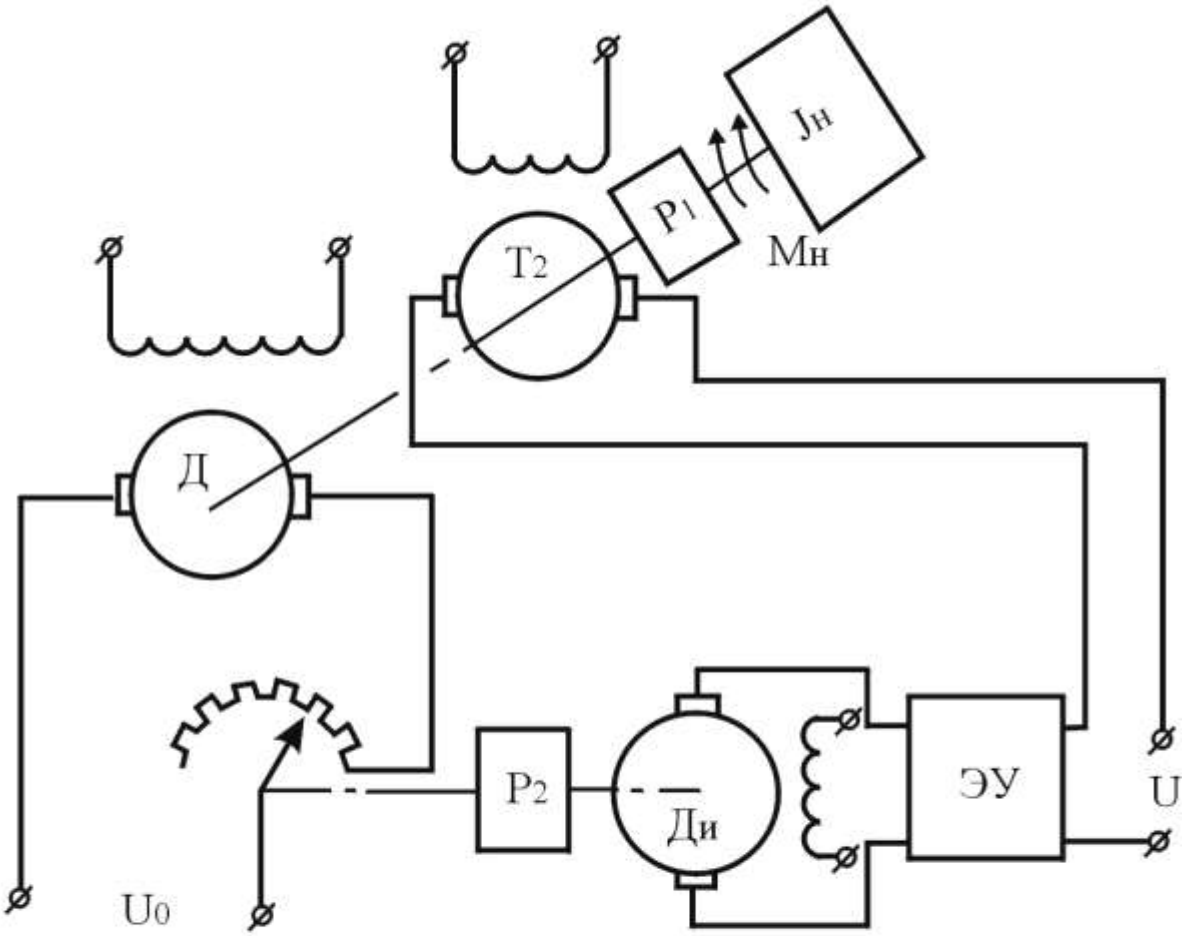
Система автоматического регулирования тока нагрузки генератора постоянного тока



№ п/п	Наименование величины	**Вариант**					
		1	2	3	4	5	6
	1. Данные для анализа						
1.	Напряжение “U”, В	20	25	15	10	12	18
2.	Постоянная времени ЭМУ “$T_М$”, с	0.15	0.16	0.17	0.20	0.18	0.13
3.	Коэффициент передачи ЭМУ для обмоток управления 1 и 2 “$К_Э$”, В/А	1200	1400	1500	1600	1300	1100
4.	Сопротивление обмотки управления ЭМУ 1 “R_1”, Ом	200	250	150	100	120	180
5.	Сопротивление обмотки 2 ЭМУ “R_2”, Ом	200	190	180	210	320	200
6.	Коэффициент передачи генератора, В/А	180	170	150	140	160	180
7.	Постоянная времени цепи управления генератора и цепи якоря ЭМУ, с	0.38	0.35	0.28	0.25	0.22	0.32
8.	Сопротивление обмотки якоря генератора, Ом	1.5	2.0	1.5	2.5	3.0	2.0
9.	Сопротивление нагрузки “$R_Н$”, Ом	11	12	13	11	10	12
10.	Сопротивление “R_0”, Ом	5.0	5.5	5.2	5.8	6.0	5.4
11.	Сопротивление “R_d”, Ом	65	86	75	70	60	75
12.	**Сопротивление обмотки возбуждения генератора, Ом**	4.5	4.8	5.0	4.5	4.2	4.4
13.	Постоянная времени обмотки ОВ1, с	0.010	0.011	0.012	0.011	0.010	0.012
14.	Индуктивность обмотки ОВ2, Гн	0.0005	0.0006	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007
15.	Сопротивление обмотки якоря генератора, Ом	15	16	17	18	20	19
16.	Индуктивность обмотки якоря генератора, Гн	0.0002	0.0003	0.0004	0.0002	0.0003	0.0004
	2. Данные для синтеза						
1.	Ток нагрузки, А	7	5	5	4.2	4	5.2
2.	Максимальное значение второй производной от тока нагрузки, $с^2$	80	96	60	70	80	36
3.	Время регулирования при включении системы, с	1.2	1.0	0.8	0.5	0.6	0.5
4.	Перерегулирование, %	20	15	15	20	15	10
5.	Порядок астатизма	1	1	1	1	1	1
6.	Установившееся значение ошибки от изменения R_d на 20%	2	3	5	6	4	1

ЗАДАНИЕ 4.

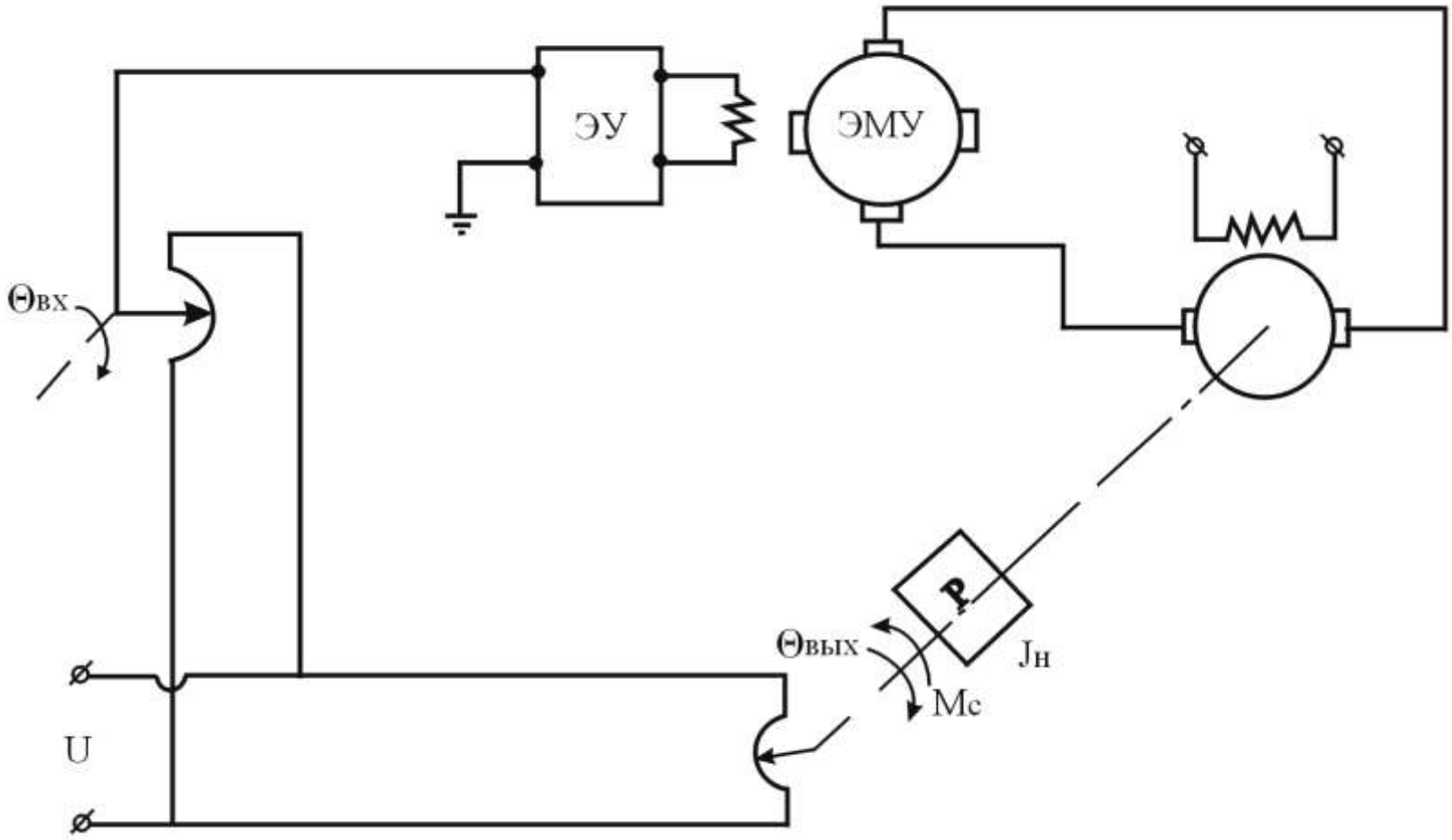
Система автоматического регулирования угловой скорости вала двигателя постоянного тока



№ п/п	Наименование величины	Вариант					
		1	2	3	4	5	6
1. Данные для анализа							
1.	Электромеханическая постоянная двигателя Тм, с	0.28	0.22	0.30	0.32	0.35	0.40
2.	Коэффициент передачи двигателя I/C_e, рад/с/В	4.4	3.8	5.4	6.4	5.4	3.5
3.	Коэффициент передачи двигателя по моменту C_M, Н·м/А	0.232	0.268	0.189	0.160	0.189	0.291
4.	Коэффициент передачи тахогенератора K_T, В/рад/с	0.15	0.18	0.12	0.11	0.095	0.075
5.	Сопротивление обмотки якоря двигателя "Д", Ом	32	35	36	38	40	42
6.	Коэффициент передачи исполнительного двигателя I/C_e, рад/с/В	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
7.	Коэффициент передачи двигателя "Д" по моменту, Н·м/А	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227
8.	Коэффициент деления ЭУ	2.2	2.5	1.8	1.5	2.6	3.5
9.	Передаточное число редуктора "P_2"	130	132	135	136	128	120
10.	Статический момент сопротивления нагрузки, приведенный к выходному валу редуктора, Н·м	2	3	4	4.5	5	7.5
11.	Момент инерции нагрузки, приведенный к выходному валу редуктора (J_H), кг·м·с^2	1.4	1.2	1.3	1.5	1.6	1.0
12.	Передаточное число редуктора "P_1"	40	45	60	50	55	80
13.	Напряжение U_0, В	60	60	60	60	60	60
14.	Напряжение U, В	10	12	15	10	15	12
15.	Сопротивление обмотки якоря двигателя "$Д_И$", Ом	280	290	310	300	310	320
16.	Момент инерции якоря двигателя "$Д_И$", кг·м·с^2	$9\cdot10^{-5}$	$10\cdot10^{-5}$	$8\cdot10^{-5}$	$11\cdot10^{-5}$	$12\cdot10^{-5}$	$13\cdot10^{-5}$
17.	Коэффициент передачи реостата "Р", Ом/рад	28	25	35	30	45	40
18.	Момент сопротивления "М", Н·м	0.2	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
2. Данные для синтеза							
1.	Скорость выходного вала редуктора, рад/с	3.8	3.6	3.4	4.0	4.2	4.4
2.	Максимальное значение второй производной от скорости выходного вала редуктора, рад/с^3	8500	8200	6000	9200	7400	4600
3.	Время регулирования при включении системы, с	2.4	2.2	2.5	2.2	2.4	3.2
4.	Перерегулирование, %	35	35	35	35	35	35
5.	Порядок астатизма	1	1	1	1	1	1
6.	Установившиеся ошибки от момента "М", %	0.2	0.3	0.4	0.6	0.5	0.25

ЗАДАНИЕ 5.

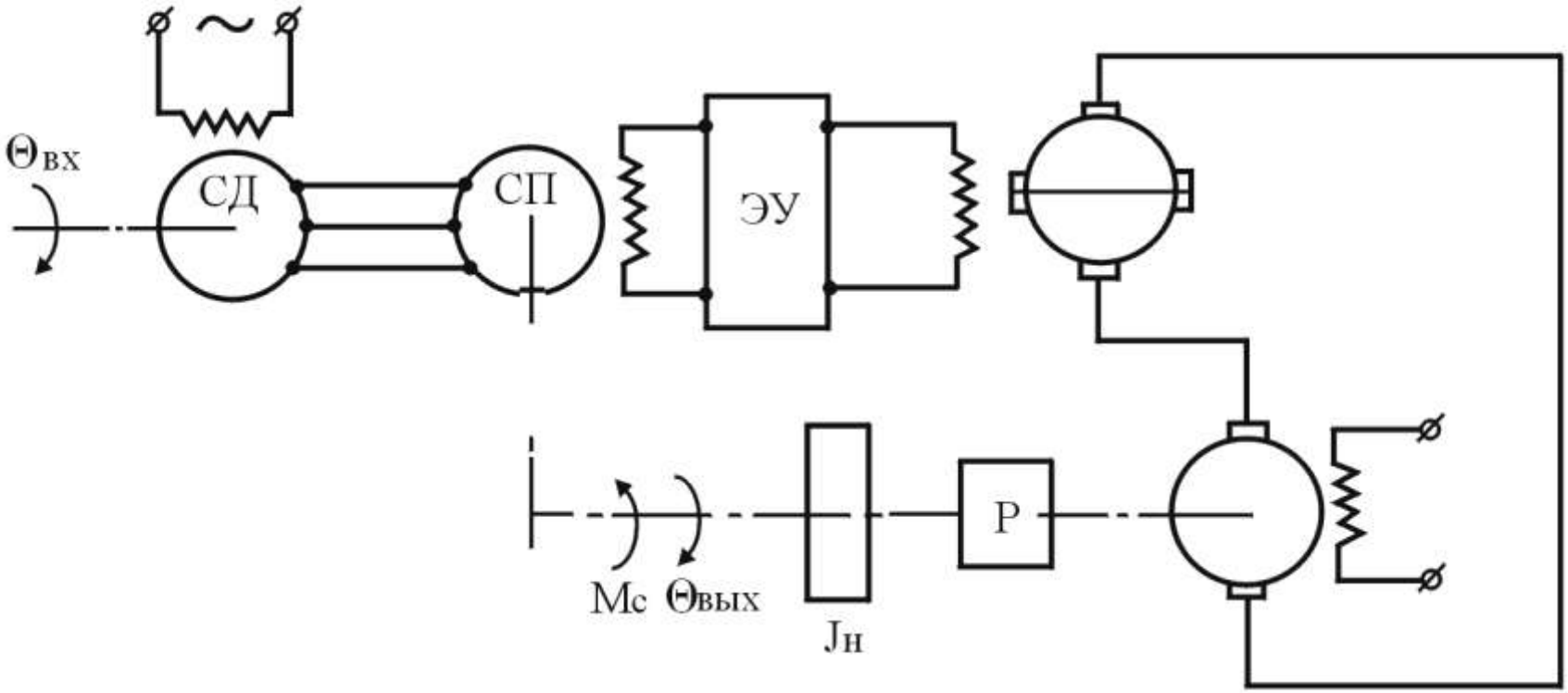
Следящая система на постоянном токе



№ п/п	Наименование величины	**Вариант**					
		1	2	3	4	5	6
1. Данные для анализа							
1.	Коэффициент передачи потенциометров, В/рад	0.11	0.02	0.15	0.03	0.13	0.14
2.	**Коэффициент усиления ЭМУ по напряжению**	1.5	1.8	2.1	2.2	1.4	1.7
3.	Постоянная времени ЭМУ, с	0.25	0.28	0.30	0.35	0.40	0.45
4.	Коэффициент передачи двигателя по скорости I/C_e, рад·с	3.5	3.8	4.2	2.8	2.5	2.2
5.	Коэффициент передачи двигателя по моменту, Н·м/А	0.29	0.268	0.243	0.364	0.407	0.443
6.	Электромеханическая постоянная двигателя, с	0.28	0.25	0.22	0.27	0.26	0.25
7.	Передаточное число редуктора	65	65	65	200	65	65
8.	Момент нагрузки, приведенный к выходному валу редуктора, Н·м	25	23	20	18	15	28
9.	Момент инерции нагрузки, приведенный к выходному валу редуктора, Н·м·с^2	15	16	17	18	20	25
10.	Закон изменения управляющей величины $Q_{BX}(t)$, рад	4.5t	3.8t	3.5t	3.2t	2.5t	3t
11.	Коэффициент усиления электронного усилителя	60	20	80	50	90	100
12.	Активное сопротивление обмотки якоря двигателя, Ом	15	16	17	18	19	20
2. Данные для синтеза							
1.	Управляющая величина $Q_{BX}(t)$, рад	0.15	0.25	0.35	0.45	0.7	0.65
2.	Максимальное значение второй производной от угла поворота выходного вала редуктора, рад/с^2	52	52	73	30	45	25
3.	Время регулирования при включении системы, с	0.8	1.5	0.9	1.2	1.3	1.6
4.	Перерегулирование, %	30	30	30	30	30	30
5.	Порядок астатизма	0.5	0.8	0.6	0.55	0.75	0.70

ЗАДАНИЕ 6.

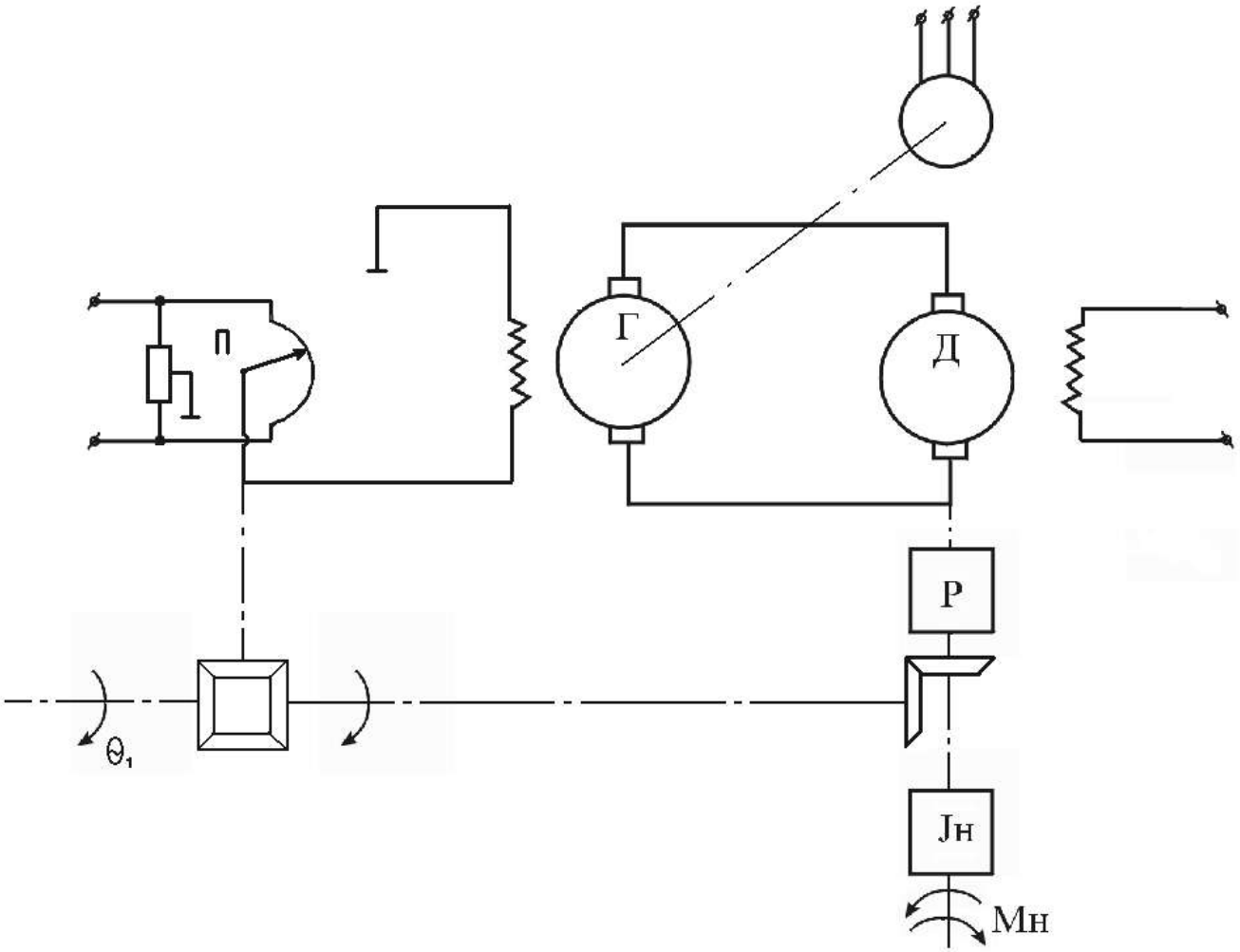
Следящая система на постоянном токе



№ п/п	Наименование величины	**Вариант**					
		1	2	3	4	5	6
1. Данные для анализа							
1.	Коэффициент передачи сельсинной пары, В/рад	0.06	0.05	0.01	0.03	0.07	0.08
2.	Коэффициент электронного усилителя ($К_У$)	55	50	7.5	70	35	40
3.	Постоянная времени ЭМУ, с	0.25	0.23	0.22	0.24	0.26	0.28
4.	Электромеханическая постоянная двигателя, с	0.35	0.40	0.33	0.29	0.38	0.45
5.	Коэффициент передачи двигателя I/C_e, рад·с	5.6	4.7	5.3	5.2	5.0	4.5
6.	Коэффициент передачи двигателя по моменту (C_M), кг·м/А	0.0182	0.0216	0.0192	0.0196	0.0204	0.0227
7.	Передаточное число редуктора “Р” (j)	120	140	145	150	155	135
8.	Статический момент нагрузки, приведенный к выходному валу редуктора (M_C), Н·м	20	25	30	38	55	35
9.	Момент инерции нагрузки, приведенный к выходному валу редуктора (J_H), кг·м·с^2	28	26	32	42	52	38
10.	Коэффициент усиления ЭМУ по напряжению ($К_Э$)	0.75	0.8	0.85	0.82	0.9	0.65
11.	Закон изменения управляющей величины во времени ($Q_{BX}(t)$), увеличенный в 5 раз, рад	6t	6.5t	5.2t	4.8t	4.5t	3.5t
12.	Активное сопротивление обмотки якоря двигателя, Ом	12	14	13	15	16	18
2. Данные для синтеза							
1.	Управляющая величина $Q_{BX}(t)$, рад	0.08	0.09	0.12	0.16	0.18	0.24
2.	Максимальное значение второй производной от угла поворота выходного вала редуктора, рад/с^2	6.0	4.8	23	4.5	5.2	3.8
3.	Время регулирования при включении системы, с	0.5	0.6	0.4	0.7	1.0	1.1
4.	Перерегулирование, %	20	20	20	20	20	20
5.	Порядок астатизма	1	1	1	1	1	1
6.	Значение установившейся ошибки от момента “M_C”, %	0.40	0.45	0.35	0.50	0.60	0.80

ЗАДАНИЕ 7.

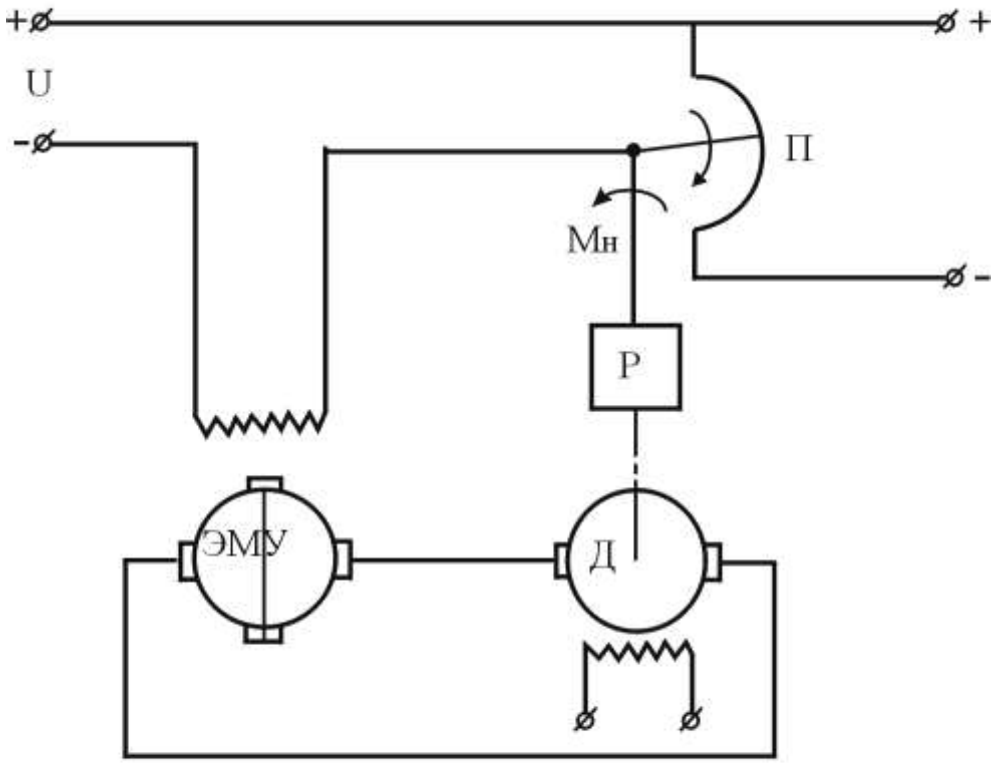
Следящая система



№ п/п	Наименование величины	**Вариант**					
		1	2	3	4	5	6
1. Данные для анализа							
1.	Коэффициент передачи потенциометра “П”, В/рад	60	65	20	50	55	55
2.	Активное сопротивление обмотки возбуждения генератора “Г”,Ом	180	190	200	210	220	230
3.	Индуктивность обмотки возбуждения генератора, Гн	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17
4.	Коэффициент передачи генератора “Г”, В/А	150	160	165	155	145	140
5.	Активное сопротивление обмотки якоря генератора “Г”, Ом	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
6.	Активное сопротивление обмотки якоря двигателя “Д”, Ом	8.0	8.5	9.0	9.5	10	11
7.	Коэффициент передачи двигателя ”Д” по напряжению (C_e), В/рад/с	0.246	0.272	0.294	0.314	0.334	0.353
8.	Коэффициент передачи двигателя ”Д” по моменту (C_M), Н·м/А	0.25	0.28	0.30	0.32	0.64	0.36
9.	Момент инерции якоря двигателя ”Д”, кг·м^2	$6\cdot10^{-3}$	6.50^{-3}	6.50^{-3}	6.20^{-3}	710^{-3}	6.80^{-3}
10.	Передаточное число редуктора ”Р”	15	48	18	20	22	24
11.	Момент инерции нагрузки ”J_H”, кг·м^2	6.5	6.8	7.0	7.2	7.3	7.5
12.	Момент сопротивления нагрузки ”M_H”, Н·м	2.0	2.4	2.8	3.0	3.2	3.5
13	Закон изменения управляющей величины “θ_1”, рад	$\frac{\pi}{3}t$	$\frac{\pi}{2}t$	$\frac{1.2\pi}{2}t$	$\frac{1.3\pi}{2}t$	$\frac{1.4\pi}{2}t$	$\frac{1.5\pi}{2}t$
2. Данные для синтеза							
1.	Закон изменения управляющей величины “θ_1”, рад	0.12	0.15	0.14	0.16	0.18	0.2
2.	Максимальное значение второй производной регулируемой величины, рад/с^2	4.5	6.2	4.5	4.8	5.2	4.6
3.	Время регулирования, с	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
4.	Перерегулирование, %	30	30	30	30	30	30
5.	Порядок астатизма	1	1	1	1	1	1
6.	Установившееся значение ошибки от момента нагрузки “M_H”, %	0.2	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5

ЗАДАНИЕ 8.

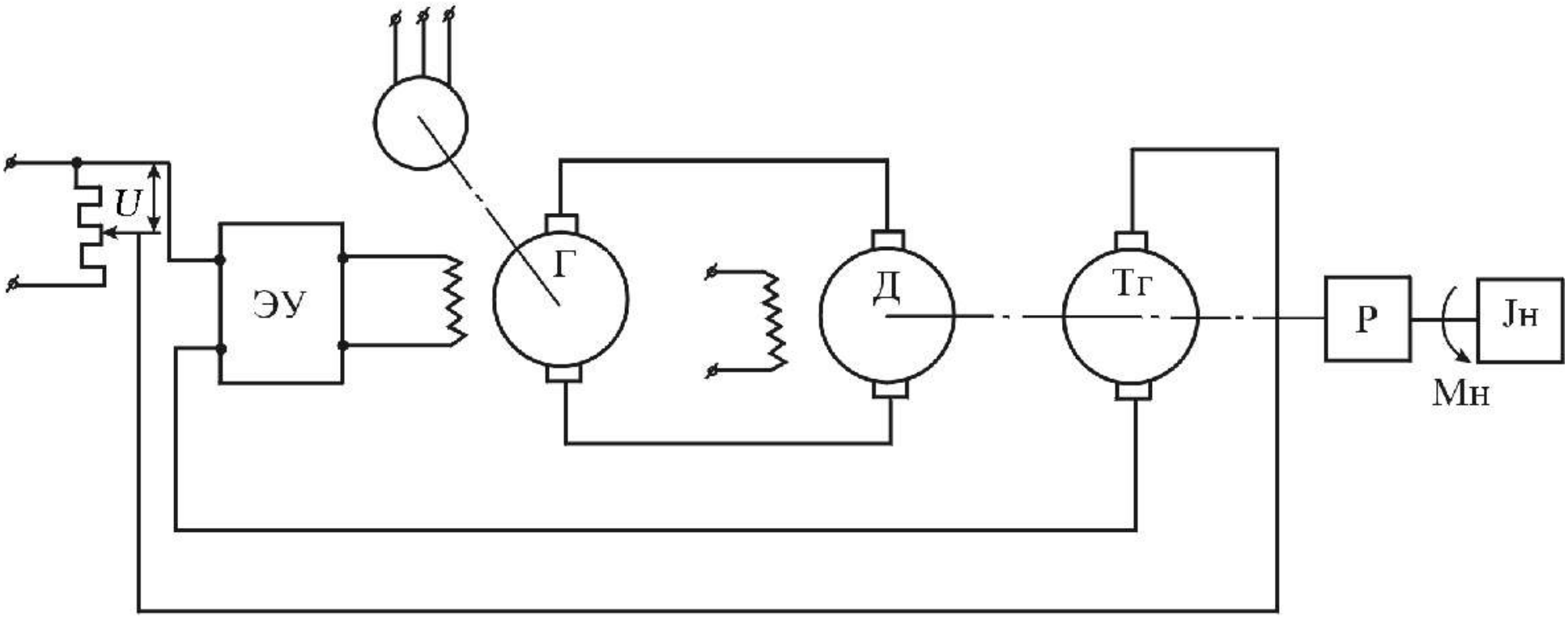
Автоматический потенциометр



№ п/п	Наименование величины	**Вариант**					
		1	2	3	4	5	6
1. Данные для анализа							
1.	Напряжение "U", В	20	25	30	36	45	60
2.	Постоянная времени ЭМУ, с	0.08	0.085	0.09	0.095	0.10	0.106
3.	Коэффициент передачи потенциометра "П", В/град	30	40	50	60	65	55
4.	Активное сопротивление якоря двигателя, Ом	18	20	21	22	24	26
5.	Коэффициент передачи двигателя "Д" по напряжению (C_e), В/рад/с	0.245	0.254	0.274	0.294	0.214	0.333
6.	Коэффициент передачи двигателя "Д" по моменту C_M, Н·м/А	0.25	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34
7.	Момент инерции якоря двигателя "Д", кг·м·с^2/рад	$8\cdot10^{-5}$	$9\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{-4}$	$1.1\cdot10^{-4}$	$1.2\cdot10^{-4}$	$1.3\cdot10^{-4}$
8.	Передаточное число редуктора "Р"	30	35	41	45	49	55
9.	Момент нагрузки "Мн", Н·м	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
10.	Коэффициент усиления ЭМУ по напряжению	1.10	1.15	1.18	1.20	1.22	1.25
2. Данные для синтеза							
1.	Напряжение "U", В	30	36	40	45	50	60
2.	Время регулирования, с	0.85	1.0	1.0	1.15	1.2	1.3
3.	Перерегулирование, %	20	20	25	20	20	20
4.	Максимальное значение второй производной, В/с^2	1900	1600	1500	1500	1600	1600
5.	Порядок астатизма	1	1	1	1	1	1
6.	Установившееся значение ошибки от момента "Мн", %	0.50	0.55	0.25	0.35	0.45	0.60

ЗАДАНИЕ 9.

Система автоматического регулирования угловой скорости вала двигателя постоянного тока



№ п/п	Наименование величины	**Вариант**					
		1	2	3	4	5	6
1. Данные для анализа							
1.	Напряжение "U", В	60	60	60	60	60	60
2.	Коэффициент усиления электронного усилителя ЭУ	75	80	90	100	110	120
3.	Активное сопротивление обмотки возбуждения генератора Г, Гн	2200	2300	2400	2500	2600	2800
4.	Индуктивность обмотки возбуждения генератора, Гн	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.18
5.	Коэффициент передачи двигателя Д по напряжению, В/рад/град	0.245	0.274	0.294	0.254	0.314	0.333
6.	Коэффициент передачи двигателя по моменту, Н·м/А	0.25	0.28	0.30	0.26	0.32	0.34
7.	Сопротивление обмотки якоря двигателя, Ом	12	13	14	15	16	18
8.	Коэффициент передачи тахогенератора Тг, В/рад/с	0.30	0.35	0.40	0.42	0.45	0.48
9.	Передаточное число редуктора	20	24	28	32	36	40
10.	Момент инерции якоря двигателя, кг·м^2	$6\cdot10^{-3}$	$6.5\cdot10^{-3}$	$6.8\cdot10^{-3}$	$7\cdot10^{-3}$	$7.5\cdot10^{-3}$	$8\cdot10^{-3}$
11.	Момент нагрузки "Мн", Н·м	2	2.6	2.8	3	3.2	3.5
12.	Момент инерции нагрузки, кг·м^2	0.6	0.72	0.8	0.9	0.92	1.0
13.	Коэффициент передачи генератора "Г", В/А	108	112	116	120	125	130
14.	Сопротивление обмотки якоря генератора, Ом	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.8
15.	Сумма индуктивностей обмоток якорей двигателя и генератора, Гн	0.0010	0.0012	0.0013	0.0010	0.0012	0.0013
2. Данные для синтеза							
1.	Скорость вала редуктора, рад/с	8	8.5	14	8.6	8.8	9
2.	Время регулирования, с	0.6	0.5	0.25	0.25	0.6	0.35
3.	Перерегулирование, %	25	25	25	25	25	25
4.	Порядок астатизма	0	0	0	0	0	0
5.	Максимальное значение второй производной от угловой скорости редуктора, рад/с	98	96	70	360	60	58
6.	Установившееся значение ошибки от момента "Мн", %	0.5	0.6	0.4	0.3	0.25	0.8

5. Требования к оформлению КР

Требования к оформлению курсовой (КР) работы:
1. КР выполняется на листах формата А4.
2. КР должна быть оформлена аккуратно, в соответствии с требованиями ГОСТ.
3. Содержание КР:
1. титульный лист;
2. лист с формулировками заданий;
3. решение заданий по порядку с ответом.
4. список использованных источников и литературы.

6. Порядок проведения дифференцированного зачета по КР

Курсовая работа зачитывается по выполнении и предоставлении студентом отчета после проверки и контрольного опроса преподавателем. Балльная оценка выполненной КР производится, исходя из 100 баллов.

При оценке качества отчета по КР принимается к сведению наличие ошибок непринципиального характера, логичность, правильность выполнения и полнота расчетов, соблюдение стандартов, аккуратность исполнения и грамотность работы, а также уровень ответов на вопросы (правильность и полнота ответов на вопросы, степень ориентированности в материале работы, рациональность предложений по возможным вариантам решений и исправлению ошибок).

Оценка качества выполнения КР и уровня защиты с максимальной суммой баллов 100 распределяется следующим образом:

1) качество рукописи работы — до 35 баллов (при оценке качества рукописи работы принимается к сведению наличие ошибок непринципиального характера, логичность и последовательность построения работы, правильность выполнения и полнота расчетов, соблюдение стандартов, аккуратность исполнения и грамотность работы. В зависимости от степени соблюдения указанных требований, качество работы оценивается баллами в следующих диапазонах: от 0 до 10 (неудовлетворительно), свыше 10 до 20 (удовлетворительно), свыше 20 до 30 (хорошо), свыше 30 до 35 (отлично));

2) оценка рецензента — до 5 баллов;

3) качество доклада — до 20 баллов (при рассмотрении качества доклада оценивается степень аргументированности, чёткости, последовательности и правильности изложения, соблюдение регламента оценивается баллами в следующих диапазонах: от 0 до 5 (неудовлетворительно), свыше 5 до 10 (удовлетворительно), свыше 10 до 15 (хорошо), свыше 15 до 20 (отлично));

4) уровень защиты работы и ответов на вопросы — до 40 баллов (правильность и полнота ответов на вопросы, степень ориентированности в материале работы, рациональность предложений по возможным вариантам решений и исправлению ошибок оценивается баллами в следующих диапазонах: от 0 до 10 (неудовлетворительно), свыше 10 до 20 (удовлетворительно), свыше 20 до 30 (хорошо), свыше 30 до 40 (отлично)).

Перевод балльных оценок в академические оценки производится по следующей схеме:

КР				
Академическая оценка (по 4-бальной системе)	Неудовлет-ворительно	Удовлет-ворительно	Хорошо	Отлично
Бальная оценка (по 100-бальной системе)	От 0 до 39 включительно	Свыше 39 до 60 включительно	Свыше 60 до 80 включительно	Свыше 81 до 100 включительно

7. Библиографический список

Основная литература

1. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления : [Учебное издание] / В.А.Бесекерский,Е.П.Попов .— 4-е изд.,перераб.и доп. — СПб. : Профессия, 2004 .— 752с. : ил. — (Специалист) .— Библиогр.в конце кн. — ISBN 5-93913-035-6 /в пер./ : 176.00.

2. Коновалов Б.И., Лебедев Ю.М. Теория автоматического управления: учебное пособие / Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев – 3-е изд. доп. и переработ. – СПб.: Лань, 2010. – 224 с. – ISBN 978-5-8114-1034-7. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=538. – ЭБС Biblio onlane (Издательство «Лань») по паролю

3. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления: учебное пособие / А.А. Первозванский. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2015. – 624 с. – ISBN 978-5-8114-0995-2. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68460. – ЭБС Biblio onlane (Издательство «Лань») по паролю

Дополнительная литература

1. Горячев О.В. Основы теории компьютерного управления : учеб. пособие / О. В. Горячев, С. А. Руднев; ТулГУ .— Тула: Изд-во ТулГУ, 2008. — 220 с.: ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-7679-1194-3. — <URL: https://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/20130409143421284999000012 65

2. Макаров Н.Н., Феофилов С.В. Анализ и синтез систем автоматического управления с использованием системы MATLAB: учеб. пособие / Н. Н. Макаров, С. В. Феофилов; ТулГУ .— Тула: Изд-во ТулГУ, 2010 .— 68 с.: ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-7679-1805-8

3. Макаров Н.Н. Математический пакет MATHCAD и его применение в задачах анализа и синтеза систем автоматического управления: учеб. пособие / Н.Н. Макаров. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. –189 с. (10 экз.)

4. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы : учебное пособие для вузов / И.В. Мирошник .— М.и др. : Питер, 2006 .— 272с. (23 экз.)

5. Теория автоматического управления : учебник для вузов. Ч.2. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления / А.А.Воронов [и др.]; под ред. А.А. Воронова .— 2-е изд.,перераб. и доп. — М. : Высш.шк., 1986 .— 504с. : ил. — Библиогр.в конце кн. — ISBN /В пер./ : 1,10.

6. Фалдин Н.В., Морозова Е.В. Специальные разделы математики (для специалистов по автоматическому управлению) : учебное пособие / Н.В. Фалдин, Е.В. Морозова; ТулГУ . — 2-е изд., перераб. и доп. — Тула : Изд-во ТулГУ, 2018 .— 174 с. : ил. — Библиогр.: 173 с. — ISBN 978-5-7679-4175-9 .— <URL:https://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/20180927092449375407000030 76

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. http://www.exponenta.ru - Образовательный математический сайт
2. http://www.elibrary.ru - Научная электронная библиотека в области науки, технологии
3. https://tsutula.bibliotech.ru/ - Электронный читальный зал “БИБЛИОТЕХ” : учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам.
4. http://www.iprbookshop.ru/ - ЭБС IPRBooks универсальная базовая коллекция изданий.

5. http://cyberleninka.ru/ - НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа

6. http: //window.edu.ru - Единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал [Электронный ресурс]